

NASKAH PUBLIKASI

PRARANCANGAN PABRIK FENOL DARI KUMEN
HIDROPEROKSIDA DAN KATALIS ASAM SULFAT
DENGAN PROSES DEKOMPOSISI KUMEN
HIDROPEROKSIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Kesarjanaan Strata I Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

WAHYU PUJI ASTUTI

D 500 110 005

Dosen Pembimbing:

TRI WIDAYATNO, S.T., M.Sc., Ph.D

HAMID, S.T., M.T

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2015

HALAMAN PENGESAHAN

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

Nama : Wahyu Puji Astuti
NIM : D 500 110 005
JudulSkripsi :Prarancangan Pabrik Fenol dari Kumen
Hidroperoksida dan Katalis Asam Sulfat dengan
Proses Dekomposisi Kumen Hidroperoksida
Kapasitas 50.000 Ton/Tahun
Dosen Pembimbing : 1. Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D
2. Hamid, S.T., M.T

Surakarta, Nopember 2015

Menyetujui Naskah Publikasi,

Dosen Pembimbing



Tri Widayatno, S.T., M.Sc., Ph.D
- NIK. 960

INTISARI

Fenol merupakan produk *intermediate* yang digunakan sebagai bahan baku produk lainnya antara lain : phenolic resin, epoxy resin (bisfenol-A), asam adipat dan lain-lain. Pabrik fenol ini direncanakan berkapasitas 50.000 ton/tahun pada tahun 2018 dan akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur dengan luas tanah 18.930 m².

Proses pembuatan fenol dilakukan dengan mereaksikan kumen sebesar 925,9381 kg/jam, dan pada reaktor yang beroperasi pada suhu 65 °C dan tekanan 2 atm. Reaksi di dalam reaktor bersifat eksotermis. Produk samping yang utama dari proses ini adalah aseton sebanyak 3.895,3363 kg/jam. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebanyak 11.652,1105 kg/jam yang diperoleh dari sungai Brantas, kebutuhan *steam* sebanyak 6.972,5602 kg/jam, kebutuhan listrik sebesar 476.3512 kW dengan bahan bakar Solar.

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan 198 orang, modal tetap sebesar Rp. 330.403.840.625,93 per tahun. Modal kerja sebesar Rp. 405.506.006.142,77 per tahun. Setelah dipotong pajak keuntungan mencapai Rp. 86.388.563.684,26 per tahun. ROI sebelum pajak sebesar 37,49 % dan sesudah pajak sebesar 26,24 %. POT sebelum pajak sebesar 2,11 tahun dan sesudah pajak sebesar 2,77 tahun. BEP sebesar 55,1 %. SDP sebesar 40,76 %. DCF sebesar 37,8 %. Berdasarkan pertimbangan bahwa ROI, POT, BEP, SDP dan DCF untuk pabrik berisiko sedang perhitungan memenuhi standar maka pabrik fenol ini layak untuk didirikan.

Keyword : *Fenol, CHP, RATB*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Memasuki era perdagangan bebas, negara Indonesia perlu mengembangkan sektor-sektor yang menunjang untuk perkembangan ekonomi. Salah satu di antaranya adalah pembangunan di sektor industri termasuk pembangunan di sub sektor industri kimia. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan berbagai bahan penunjang untuk proses-proses dalam industri, maka perlu adanya pendirian pabrik-pabrik baru yang tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun berorientasi ekspor. Salah satunya adalah pabrik fenol.

Fenol disebut juga hidroksibenzena mempunyai rumus molekul C_6H_5OH . Fenol merupakan salah satu bahan *intermediate* yang sangat dibutuhkan untuk industri hilir maupun industri *intermediate* lanjut. Fenol mempunyai banyak kegunaan diantaranya

sebagai bahan baku pembuatan bisfenol-A yang digunakan dalam industri plastik, bahan baku industri kaprolaktan yang digunakan dalam pembuatan nilon dan bahan baku dalam pembuatan fenolik resin yang banyak digunakan dalam industri amplas dan industri kayu (Kirk dan Othmer, 1996).

Keuntungan pendirian pabrik fenol antara lain :

1. Ketergantungan industri Indonesia terhadap bangsa lain dapat berkurang.
2. Memacu tumbuhnya industri baru terutama dalam industri fenol. 1
3. Pemasok bahan baku terhadap industri-industri yang membutuhkan fenol.
4. Meningkatnya devisa negara.
5. Terciptanya lapangan kerja baru.

2. Kapasitas Perancangan Pabrik

Kebutuhan fenol dalam negeri selama ini masih dipenuhi oleh luar negeri. Impor fenol ini didatangkan

dari beberapa negara antara lain Jepang, Amerika Serikat, Jerman dan Korea. Sementara dari data yang diperoleh dari BPS, prediksi kebutuhan fenol cenderung mengalami peningkatan. Perkembangan impor fenol di Indonesia dapat disajikan pada Tabel 1.1 dan Gambar 1.1 sebagai berikut :

Tabel 1.1 Data Impor Fenol di Indonesia

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2006	9,516
2007	12,498
2008	14,574
2009	16,45
2010	16,386
2011	19,291
2012	24,724
2013	28,401
2014	38,164

(Sumber : Biro Pusat Statistik, 2012)

1. Kapasitas pabrik yang sudah berdiri
Kapasitas pabrik yang pernah didirikan dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut ini :

Tabel 1.2 Kapasitas pabrik fenol yang telah berproduksi

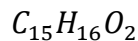
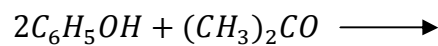
No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Blue Island Fenol	Blue Island, Illinois	45.000
2	Dakota Gasification	Beulah, North Dakota	16.000
3	Emerald Kalama Chemical	Kalama, Washington	35.000
4	Georgia Gulf	Plaquemine, Louisiana	227.000
5	INEOS Fenol	Theodore, Alabama	540.000
6	Merisol USA	Houston, Texas	16.000
7	SABIC Innovative Plastics	Mount Vernon, Indiana	340.000
8	Shell	Deer Park, Texas	590.000
9	Sunoco	Haverhill, Ohio	265.000
		Frankford, Pennsylvania	500.000
10	Dow Chemical	Frreport, Texas	295.000

(Icis Plant & Project, 2009)
Berdasarkan pertimbangan kebutuhan dalam negeri yang semakin

meningkat dan kapasitas minimal pabrik yang sudah ada maka dalam perancangan ini dipilih kapasitas 50.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan fenol di Indonesia dan untuk diekspor.

2. Kegunaan Produk Fenol

1. Pembuatan Bisfenol-A



Bisfenol-A banyak digunakan pada industri plastik.

2. Pembuatan Phenolic resin

Phenolic resin merupakan hasil dari reaksi fenol dengan formaldehid. Fenolat resin banyak digunakan pada isolasi atap, dinding (*fiberglass*), dan pelapis pipa.

3. Pembuatan kaprolaktam

Hidrogenasi fenol dengan katalis palladium menghasilkan kaprolaktam sebagai bahan baku nilon.

4. Pembuatan anilin sebesar 5% dari fenol.

3. Proses pembuatan Fenol

yaitu dengan mereaksikan

antara Kumen Hidroperoksida dan aseton menggunakan katalis asam sulfat. Reaksi dijalankan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 65 °C. Reaksi berlangsung dalam fase cair.

4. Tinjauan Kinetika

Reaksi dekomposisi Kumen Hidroperoksida akan berlangsung selama 1 jam dengan menggunakan katalis asam sulfat 10% dari berat total umpan pada kondisi operasi 65 °C tekanan 2 atm dan konversi mencapai 98%.

Dengan persamaan kecepatan reaksi sbb :

$$r_{BPA} = k C_A$$

Harga kinetika reaksi pada suhu 65 °C adalah 9,38855/jam

Dimana :

r_{BPA} = laju reaksi pembentukan CHP

k = konstanta kecepatan reaksi

C_A = konsentrasi Aseton

5.Deskripsi Proses

Bahan baku Kumen hidroperoksida (CHP) yang diimpor dari Cina selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan (F-01) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, untuk kebutuhan 10 hari. Bahan baku CHP yang disimpan dalam tangki penyimpanan (F-01) dipompa dengan pompa (L-101) ke reaktor melalui heater (H-01) untuk dilakukan pemanasan CHP hingga 65°C sesuai dengan kondisi operasi reaktor.

CHP dan asam sulfat keduanya dimasukkan ke dalam reaktor (R) yang beroperasi pada suhu 65 °C dengan tekanan 2 atm. Di dalam reaktor (R) terjadi proses dekomposisi CHP menjadi fenol dan aseton. Reaksi dekomposisi ini berlangsung pada fase cair-cair, *irreversible*, *eksotermis*, *isothermal*, *non adiabatis*.

Produk keluar reaktor (R) dialirkan menuju Menara Destilasi (MD-01) untuk

memisahkan dan sekaligus mengambil hasil samping yang merupakan hasil atas menara yang berupa aston 98,5 % dan impuritas berupa air 1,5 %. Produk hasil atas Menara Destilasi (MD-01) kemudian dialirkan ke Menara Destilasi (MD-02) untuk ditingkatkan kemurniannya menjadi 99,9 %. Sedangkan hasil bawah Menara Destilasi (MD-01) diumpankan ke Menara Destilasi (MD-03), yang bertujuan untuk memisahkan dan juga mengambil produk samping berupa H₂SO₄ sebesar 86 % dan 14 % fenol yang merupakan hasil bawah menara yang selanjutnya dialirkan menuju arus 4 sebagai bahan *Recycle* menuju Reaktor (R). Sedangkan hasil atas menara dialirkan menuju Menara Destilasi (MD-04) yang bertujuan mengambil fenol dan CHP yang masih terbawa pada hasil atas Menara Destilasi (MD-03), 97% CHP dan 3% fenol yang merupakan hasil bawah dari Menara Destilasi (MD-04) dialirkan

menuju arus 3 untuk dijadikan *Recycle* menuju Reaktor (R). Sedangkan hasil atas menara dialirkan ke Menara Destilasi (MD-05) yang bertujuan mengambil hasil samping berupa cumen sebesar 83,07% yang merupakan hasil atas menara, sedangkan hasil bawah menara berupa fenol sebesar 99,9%.

6.SPESIFIKASI PERALATAN PROSES

Berikut ini merupakan spesifikasi alat proses pembuatan Fenol :

a. Menara Distilasi-01

Kode : MD-01
 Fungsi : Untuk Memisahkan H₂O dan Aseton
 Jenis : *Sieve Tray*
 Spesifikasi :
 Kolom distilasi atas :
 Tekanan : 2 atm
T bubble point : 85,52 °C
 Temperatur *dew point* : 97,86 °C
 Kolom distilasi bawah :
 Tekanan : 2 atm
T bubble point : 203,45 °C
T dew point : 211,90 °C
 Diameter menara : 0,7349 m

Tebal *shell* : $\frac{1}{5}$ in
 Tebal *head* : $\frac{1}{5}$ in
 Tinggi *head* : 7,1504 in
 Tinggi menara : 37,6260 m
 Jumlah *plate actual* : 82 buah
 Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304*

b. Menara Distilasi-02

Kode : MD-02
 Fungsi : Untuk Memurnikan Aseton
 Jenis : *Sieve Tray*
 Spesifikasi :
 Kolom distilasi atas :
 Tekanan : 2 atm
T bubble point : 77,94 °C
T dew point : 77,97 °C
 Kolom distilasi bawah :
 Tekanan : 2 atm
Tbubble point : 120,49 °C
T dew point : 126,48 °C
 Diameter menara : 0,9334 m
 Tebal *shell* : $\frac{1}{5}$ in
 : 2 atm
 Tebal *head* : $\frac{1}{5}$ in
 Tinggi *head* : 8,9230 in
 Tinggi menara : 26,4661 m
 Jumlah *plate actual* : 57 buah
 Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304*

c. Menara Distilasi-03

Kode : MD-03

Fungsi : Untuk memisahkan
 H_2SO_4

Jenis : *Sieve Tray*

Spesifikasi :

Kolom distilasi atas :

Tekanan : 2 atm

T bubble point : 203,24 °C

T dew point : 205,54 °C

Kolom distilasi bawah

Tekanan : 2 atm

Tbubble point : 267,92 °C

T dew point : 290,24 °C

Diameter menara : 0,7983 m

Tebal *shell* : $\frac{1}{5}$ in

Tebal *head* : $\frac{1}{5}$ in

Tinggi *head* : 7,8315 in

Tinggi menara : 46,6606 m

Jumlah *plate actual* : 102 buah

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
SA-304

d. Menara Distilasi-04

Kode : MD-04

Fungsi : Memurnikan produk
Fenol

Jenis : *Sieve Tray*

Spesifikasi :

Kolom distilasi atas :

Tekanan : 2 atm

T bubble point : 180,47 °C

T dew point : 183,15 °C

Kolom distilasi bawah :

Tekanan : 2 atm

Tbubble point : 207,69 °C

T dew point : 207,70 °C

Diameter menara : 0,8506 m

Tebal *shell* : $\frac{1}{5}$ in

Tebal *head* : $\frac{1}{5}$ in

Tinggi *head* : 9,2739 in

Tinggi menara : 49,4339 m

: Jumlah *plate actual* : 108 buah

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
SA-304

e. Menara Distilasi-05

Kode : MD-05

Fungsi : Memurnikan produk
Kumen

Jenis : *Sieve Tray*

Spesifikasi :

Kolom distilasi atas :

Tekanan : 2 atm

Tbubble point : 179,36 °C

T dew point : 182,99 °C

Kolom distilasi bawah :

Tekanan : 2 atm

Tbubble point : 183,15 °C

T dew point : 183,58 °C

Diameter menara : 1,5085 m

Tebal *shell* : $\frac{1}{5}$ in

Tebal *head* : $\frac{1}{5}$ in

Tinggi *head* : 12,2390 in

Tinggi menara : 22,5845 m

Jumlah *plate actual* : 48 buah

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-304*

f. Reaktor (R-01)

Kode : R-01

Jumlah : 3

Fungsi : Mendekomposisi kumen hidroperoksida menjadi fenol dan aseton dengan katalis asam sulfat

Jenis alat : Reaktor alir tangki berpengaduk

Konversi masuk : 0

Konversi reaktor 1: 98%

Konversi reaktor 2: 86%

Konversi reaktor 3 : 67%

Kondisi operasi :

Suhu : 65 °C

Tekanan : 2 atm

Dimensi :

Diameter : 0,3942 m

Tinggi : 1,038 m

Tebal *shell* : $\frac{3}{16}$ in

Tebal *head* : $\frac{3}{16}$ in

Pengaduk :

Jenis : Turbin dengan 6 blade plate

Putaran : 1.099,7757 rpm

Diameter : 0,1343 m

Jumlah *baffle* : 6

BHP : 2,5 HP

Jarak pengaduk dengan dasar : 0,0986 m

Tinggi pengaduk : 0,0263 m

Lebar pengaduk : 0,0329 m

Lebar *baffle* : 0,0223 m

Tinggi cairan dalam *shell* : 0,6169 m

Pendingin : *Coil Single Helix*

Kondisi Operasi :

Suhu Masuk : 25 °C

Suhu Keluar : 35 °C

Jenis : *Helix*

Luas selubung : 0,9763 m²

Bahan : *Stainless steel SA-304*

Jumlah : 1 buah

g. Tangki-01

Kode : F-01

Fungsi : Untuk menyimpan larutan CHP untuk kebutuhan 10 hari

Tipe : Tangki silinder tegak lurus dengan tutup berbentuk *conical*

Spesifikasi :

Jumlah : 1 buah

Tekanan : 1 atm

Suhu : 30°C

Diameter : 24,384 m

Tinggi : 9,144 m

Tebal *shell*

Courses 1 : $\frac{1}{2}$ in

Courses 2 : $\frac{7}{16}$ in

Courses 3 : $\frac{3}{8}$ in

Course 4 : $\frac{5}{16}$ in

Course 5 : $\frac{1}{4}$ in

Tebal head : 2 in

Volume : 2.714,979 m³

Pipa pengisian

D nominal : 3 in

ID : 3,07 in

OD : 3,50 in

Schedule : 40

Pipa pengeluaran

D nominal : 22 in

ID : 21,25 in

OD : 22 in

Schedule : 20

Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
SA-304

7.UTILITAS

1. Kebutuhan Air

Kebutuhan air di pabrik meliputi:

a. Air pendingin

Kebutuhan air pendingin =
359.633,0413 kg/Jam. Air
pendingin 80% disirkulasikembali,
dandiperlukan air *make-up* 20%
= 20 % x 19.420,1842 kg/jam
= 11.652,1105 kg/jam

b. Air Pembangkit *steam*

Kebutuhan air pembangkit
steam = 29.052,33402 kg/jam. Air
pembangkit *steam* 80% disirkulasi,
diperlukan *make-up* 20% wt= 20%
x 11.620,9336 kg/jam

= 6.972,5602 kg/jam

c. Air sanitasi

Air kantor dan Rumah tangga

Karyawan: 10,655 kg/jam

Laboratorium: 120 kg/jam

Kantin, Mushola dan taman : 400
kg/jam

Total kebutuhan air kantor : 1.200
kg/jam

2. Kebutuhan Air Secara Kontinyu:

Air *make-up* pendingin :
11.652,1105 kg/jam

Air *make-up* pembangkit *steam*:
6.972,5602 kg/jam

Air kantor dan rumah tangga :
1.200 kg/jam

8.MANAJEMEN

PERUSAHAAN

Bentuk perusahaan berupa
Perseroan Terbatas (PT), dengan
status perusahaan milik swasta
yang berkapasitas 50.000 ton/tahun
yang akan didirikan di daerah
Gresik, Jawa Timur.

9. ANALISIS EKONOMI

1. Analisis Keuntungan

Keuntungan sebelum pajak
sebesar Rp. 123.412.233.834,66
Untuk pajak 30% sehingga
keuntungan yang didapatkan

setelah pajak sebesar Rp.
37.023.670.150,40

2. Analisis kelayakan

a. ROI yaitu perkiraan laju keuntungan setiap tahun yang bias mengembalikan modal investasi. ROI sebelum pajak didapat 37,35% dan setelah pajak 26,15%.

b. *Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang dibutuhkan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi. Didapatkan POT sebelum pajak 2,11 tahun dan setelah pajak 2,77 tahun.

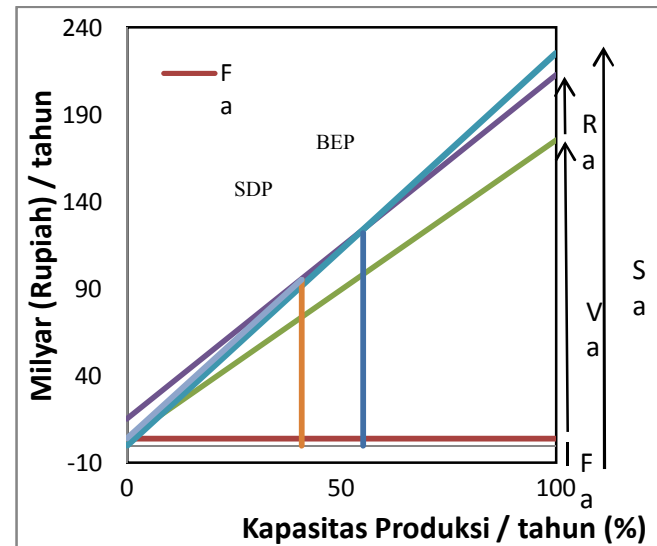
c. Break even point adalah titik imbang yaitu tidak mempunyai suatu keuntungan dan kerugian. Didapatkan BEP sebesar 55,1 %.

d. *Shut Down Point (SDP)* adalah dimana pabrik mengalami kerugian sebesar *fixed cost* sehingga pabrik harus ditutup. Didapatkan SDP sebesar 40,76 %.

e. *Discounted cash flow (DCF)*

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan "*Discounted Cash Flow*" merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah

investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi.



10. KESIMPULAN

Dari analisis keuntungan dan analisis kelayakan didapatkan kesimpulan bahwa pabrik ini merupakan pabrik dengan resiko yang rendah.

11. DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S and Newton R.D., 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- Biro Pusat Statistika, Jakarta, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor*. 2006-2014. BPS, Jakarta.

- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1993, *Chemical Engineering*, Vol. 6, Pergamon Press, Oxford.
- Faith, W.L., Keyes, D.B., and Clark, R.I., 1970, *Industrial Chemistry*, John Wiley and Sons, London.
- Kern, D.Q., 1950, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1996, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., Vol. 4, The Inter Science Encyclopedia, Inc., New York.
- Levenspiel, O., 1976, *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed., John Wiley and Sons, inc., Toronto.
- Mc Ketta, j.j. and Cunningham, W.A., 1987, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, Vol 5, Marcel Decker inc., New York.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, *Plant Design and Economic for Chemical Engineering*, 5th ed., McGraw-Hill International Book Company Inc., New York.
- Powell, S.T., 1954, *Water Conditioning for Industry*, McGraw-Hill Book Company, Tokyo.
- Rase, H.F., and Holmes, J.R., 1977, *Chemical Reactor Design for Process Plant, Volume One : Principles and Techniques*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Smith, J.M. and Van Ness. H.C., 1996, *Intoduction to ChemicalEngineering Thermodynamics*, 4th ed., McGraw-Hill BookCo., New York.
- Treyball, R.E., 1984, *Mass Transfer Operation*, 3nd ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Ulrich, G.D., 1987, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Walas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, Butterworth Publishers, Stoneham, MA, USA.

Yaws, 1999, *Thermodynamic and
Physical Properties Data*, Mc
Graw Hill Book Co. Singapore.